

①9



Bureau voor de
Industriële Eigendom
Nederland

①1 1011693

①2 C OCTROOI⁶

②1 Aanvraag om octrooi: 1011693

⑤1 Int.Cl.⁷
G01T1/29, G01N23/04

②2 Ingediend: 29.03.1999

④1 Ingeschreven:
03.10.2000 I.E. 2000/12

④7 Dagtekening:
03.10.2000

④5 Uitgegeven:
01.12.2000 I.E. 2000/12

⑦3 Octroolhouder(s):
Skyscan B.v.b.a. te Aartselaar, België (BE).

⑦2 Uitvinder(s):
Alexandre Sassov te Bornem (BE)

⑦4 Gemachtigde:
Ir. A.A.G. Land c.s. te 2517 GK Den Haag.

⑤4 Microtomograaf.

- ⑤7 De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het bepalen van een beeld van de interne structuur van een voorwerp, omvattende:
- het zenden van straling naar het voorwerp;
 - het op een draaibare houder draaien van het voorwerp;
 - het ontvangen van de straling;
- waarbij de houder zodanig gepositioneerd is, dat het voorwerp gedeeltelijk buiten een door het zenden en het ontvangen gedefinieerd beeldveld uitsteekt en waarbij de houder over een zodanige hoek draait, dat in hoofdzaak elk deel van het voorwerp over in hoofdzaak ten minste een halve cirkelboog binnen het beeldveld draait.

NL C 1011693

De inhoud van dit octrooi komt overeen met de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekeningen.

BEST AVAILABLE COPY

WERKWIJZE EN INRICHTING VOOR HET BEPALEN VAN EEN
BEELD VAN DE INTERNE STRUCTUUR VAN EEN VOORWERP

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijze en een inrichting voor het bepalen van een beeld van de interne structuur van een voorwerp.

Bekend zijn werkwijzen en inrichtingen voor het
5 bepalen van een beeld van de interne structuur van een voorwerp waarbij het voorwerp tussen een zender en ontvanger geplaatst wordt en over een aantal hoeken geroteerd wordt. De door de zender uitgezonden straling creëert een schaduwbeeld dat overeenstemt met een
10 tweedimensionale projectie van het driedimensionale voorwerp. Elk punt in het schaduwbeeld bevat de integratie van absorptie-informatie binnen het driedimensionale voorwerp in het overeenkomstige deel van de stralingsbundel.

15 Een bezwaar van deze bekende werkwijze en inrichting is dat het voorwerp in zijn geheel voor elke meethoek binnen de stralenbundel van de zender dient te vallen. Voorwerpen die in diameter te groot zijn en niet voor elke meethoek binnen de stralenbundel vallen kunnen
20 niet of niet volledig gescand worden. Bovendien heeft deze bekende werkwijze en inrichting het bezwaar dat wanneer een voorwerp slechts net binnen een divergerende stralenbundel valt, het beeld van het gehele voorwerp niet meer uitvergroot kan worden.

25 De onderhavige uitvinding heeft als doel deze bezwaren te ondervangen.

Volgens een eerste aspect van de uitvinding wordt een werkwijze verschaft voor het bepalen van een beeld van de interne structuur van een voorwerp,
30 omvattende:

- het zenden van straling naar het voorwerp;

- het op een draaibare houder draaien van het voorwerp;

- het ontvangen van de straling;

waarbij de houder zodanig gepositioneerd is, dat het
 5 voorwerp gedeeltelijk buiten een door het zenden en het
 ontvangen gedefinieerd beeldveld uitsteekt en waarbij de
 houder over een zodanige hoek draait, dat in hoofdzaak
 elk te bestralen deel van het voorwerp over in hoofdzaak
 ten minste een halve cirkelboog binnen het beeldveld
 10 draait.

Door het voorwerp over een zodanig grote hoek
 te draaien dat elk te bestralen deel over ten minste een
 halve cirkelboog in het beeldveld draait, wordt, alhoewel
 het voorwerp zich gedeeltelijk buiten het beeldveld
 15 uitstrekt, toch een beeld van het complete voorwerp
 verschaft. Wanneer bijvoorbeeld de helft van het voorwerp
 zich uitstrekt buiten het beeldvelddeel, is een draaiing
 van ten minste 360° voldoende voor het verkrijgen van een
 beeld van de interne structuur van het gehele voorwerp.

20 Wanneer het voorwerp zo groot is dat ook bij
 rotatie slechts een deel van het voorwerp zich binnen het
 beeldveld bevindt, wordt de ontvanger verplaatst, en
 wordt, indien nodig, tevens de zender opnieuw
 georiënteerd, zodat een tweede beeldveld ontstaat dat het
 25 resterende deel van het voorwerp bij rotatie bestraalt.
 De houder wordt weer over een zodanige hoek gedraaid, dat
 elk te bestralen deel van het resterende deel van het
 voorwerp over in hoofdzaak ten minste een halve
 cirkelboog binnen het beeldveld draait. Na samenvoeging
 30 van het eerste en tweede beeld ontstaat een totaalbeeld
 van het gehele voorwerp.

Volgens een voorkeursvorm van de uitvinding
 omvat de werkwijze derhalve:

- het bepalen van een eerste beeld van het
 35 voorwerp in een eerste beeldveld behorend bij een eerste
 ontvangerpositie;

- het bepalen van een tweede beeld van het voorwerp in een tweede beeldveld behorend bij een tweede ontvangerpositie;

- het samenvoegen van het eerste en tweede
5 beeld tot een samengevoegd beeld van de interne structuur van het voorwerp. Volgens een verdere voorkeursvorm van de uitvinding omvat de werkwijze het verplaatsen van de houder in de richting van de ontvanger of de zender voor het respectievelijke verkleinen of vergroten van de
10 resolutie van het beeld van de interne structuur van het voorwerp.

Volgens een ander voorkeursvorm van de uitvinding omvat de werkwijze het met gelijkblijvende zender-ontvangerafstand verplaatsen van de zender en
15 ontvanger, waarbij met toenemende of afnemende zender-houderafstand de resolutie van het beeld van het voorwerp respectievelijke afneemt of toeneemt. In de laatste twee voorkeursuitvoeringsvormen zijn de voorwerpen derhalve eenvoudig uit te vergroten, zelfs indien het voorwerp
20 dermate groot is, dat bij uitvergroting een gedeelte van het voorwerp buiten het beeldveld zou vallen.

Volgens een verdere voorkeursvorm van de uitvinding omvat de werkwijze het verplaatsen van de houder in de opwaartse en neerwaartse richting en/of het
25 verplaatsen van de zender en/of ontvanger in de opwaartse en neerwaartse richting. Door de stralingsinformatie per hoogte vervolgens samen te voegen, wordt een driedimensionaal beeld van de interne structuur van het gehele voorwerp verkregen. Deze laatste
30 voorkeursuitvoeringsvorm is met name voordelig in het geval van voorwerpen met een relatief grote hoogte.

Volgens een voorkeursvorm van de uitvinding geeft de zender parallelle straling af. Dit heeft als voordeel dat de verkregen stralingsinformatie
35 ongecorrigeerd en derhalve met grote snelheid te verwerken is.

In een andere voorkeursuitvoeringsvorm van de uitvinding geeft de zender in hoofdzaak divergerende

straling, zoals bijvoorbeeld divergerende röntgenstraling, af. Dit heeft als voordeel dat in de praktijk voorhanden microfocusröntgenstraal-buizen te gebruiken zijn, die relatief eenvoudig van constructie
 5 zijn. Bij voorkeur zijn dergelijke straalbuizen van het gesloten type, dat wil zeggen dat deze werkzaam kunnen zijn zonder gebruik van vacuûmpompen, koeling, en dergelijke. In dit geval omvat de werkwijze bij voorkeur tevens het corrigeren van door de ontvanger verkregen
 10 stralinginformatie voor het verkrijgen van een benadering voor een zender die in hoofdzaak parallelle straling afgeeft.

Volgens een ander aspect van de uitvinding wordt een inrichting verschaft voor het bepalen van een
 15 beeld van de interne structuur van een voorwerp, omvattende:

- een zender voor het zenden van straling naar het voorwerp,
 - een draaibare houder voor het houden en
 20 draaien van het voorwerp,
 - een ontvanger voor het ontvangen van de straling;
- waarbij de houder zodanig is geplaatst, dat het voorwerp gedeeltelijk buiten een door de zender en de ontvanger
 25 gedefinieerd beeldveld uitsteekt en het draaipunt van de houder binnen het beeldveld is gerangschikt. Dit heeft als voordeel dat het voorwerp groter kan zijn dan het door de zender ontvangen bepaalde beeldveld terwijl toch een beeld van de interne structuur van het gehele
 30 voorwerp verkregen wordt.

Volgens een voorkeursuitvoeringsvorm van de uitvinding omvat de inrichting samenvoegmiddelen die een met een eerste beeldveld bepaald eerste beeld behorend bij een eerste ontvangerpositie en een met een tweede
 35 beeldveld tweede beeld behorend bij een tweede ontvangerpositie samenvoegen. Door de ontvanger achtereenvolgens op twee of meer ontvangerposities te plaatsen en telkens per ontvangerpositie een beeld van

een deel van het interne voorwerp te maken en door vervolgens deze beelden samen te voegen kan een totaalbeeld worden verkregen van het gehele voorwerp. Met deze voorkeursuitvoeringsvorm kan derhalve het beeld van
 5 een voorwerp bepaald worden dat twee of meer keer zo groot is als het voorwerp dat met een enkele ontvangerpositie af te handelen is.

Volgens een voorkeursvorm van de uitvinding omvat de inrichting ontvangerverplaatsingsmiddelen voor
 10 het verplaatsen van de ontvanger tussen de eerste ontvangerpositie en de tweede ontvangerpositie.

Volgens verdere voorkeursvormen van de uitvinding omvat de inrichting zenderverplaatsingsmiddelen die overeenkomstig de verplaatsing van de
 15 ontvanger de zender verplaatsen en/of omvat de inrichting zenderdraaimiddelen die overeenkomstig de verplaatsing van de ontvanger de oriëntatie van de door de zender uitgezonden straling aanpassen.

Volgens een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding, waarbij de zender een stralingsbundel van in
 20 hoofdzaak divergerende stralen uitzendt, is het beeldveld bepaald door de mate van divergentie van de straling, de effectieve zender-ontvangerafstand en de effectieve breedte van de ontvanger.

Volgens een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding omvat de zender van de inrichting een microfocusröntgenstraalbuis, bij voorkeur van het gesloten type. Deze röntgenstraalbuis is eenvoudig van constructie, behoeft geen vacuumpompen of koeling en
 30 heeft een lange levensduur.

Verdere voordelen, kenmerken en details van de onderhavige uitvinding zullen worden verduidelijkt in de navolgende beschrijving waarin wordt verwezen naar de bijgevoegde tekeningen, waarin tonen:

35 - figuur 1 een schematisch diagram van een voorkeursvorm van de inrichting volgens de uitvinding;

- figuur 2 een schematisch aanzicht, dat het bepalen van de interne structuur van een groot voorwerp weergeeft;

- figuur 3 een schematisch aanzicht, dat het bepalen van de interne structuur van een middelgroot voorwerp weergeeft;

- figuur 4 een schematisch aanzicht, dat het vergroten en verkleinen van de resolutie van het beeld van een voorwerp weergeeft; en

10 - figuur 5 een schematisch aanzicht, dat het samenvoegen van de met verschillende ontvangerposities verkregen beelden tot één gezamenlijk beeld weergeeft.

Microtomografie is het bepalen van het beeld van de interne structuur van een voorwerp zonder dit
15 voorwerp destructief te behandelen of op enige andere wijze te prepareren, waarbij van het driedimensionale voorwerp onder telkens een andere hoek en op de verschillende hoogtes van het voorwerp met behulp van een lijndetector een eendimensionale schaduwlijn wordt
20 bepaald. De eendimensionale schaduwlijnen zullen variërende intensiteiten als gevolg van absorptie, afhankelijk van de dichtheid en samenstelling van het voorwerp, vertonen. Met deze eendimensionale schaduwlijnen kunnen, gebruik makend van bekende
25 terugprojectie-technieken, de posities van de absorptiegebieden binnen het voorwerp met grote nauwkeurigheid bepaald worden.

De combinatie van informatie van twee of meer eendimensionale schaduwlijnen levert een driedimensionaal
30 beeld van de interne structuur van het voorwerp op. Als alternatief kunnen met behulp van een CCD-camera direct tweedimensionale beelden verkregen worden, waarbij elk tweedimensionaal (schaduw-)beeld onder een verschillende hoek is bepaald. Ook op deze tweedimensionale beelden
35 kunnen met behulp van bekende terugprojectie-technieken de posities van de absorptiegebieden binnen het voorwerp worden bepaald. Combinatie van onder een aantal hoeken bepaalde tweedimensionale beelden, levert een

driedimensionaal beeld op van de interne structuur van het voorwerp.

De in figuur 1 weergegeven voorkeurs-
uitvoeringsvorm van de microtomograaf omvat een
5 microfocusröntgenstraalbuis 2, welke een conusvormige of
althans divergerende stralenbundel uitzendt, waarvan de
geometrische begrenzingen in de figuur door pijlen 24 en
25 zijn aangegeven. De röntgenstraalbuis 2 wordt gevoed
door een voeding 3. De microtomograaf omvat tevens een
10 fosforschermer 4. Het fosforschermer 4 licht op bij een
invallende bundel röntgenstraling en zet daarmee de
invallende bundel röntgenstraling om in een
corresponderende lichtbundel. Deze lichtbundel wordt via
lens 23 gefocusseerd op een CCD-camera 5, die de
15 informatie van de lichtbundel omzet in elektrische
signalen.

De afstand tussen de zender 2 en ontvanger 5
bedraagt in een voorkeursvorm circa 40 cm, maar kan
echter ook groter of kleiner zijn, afhankelijk van het
20 toepassingsgebied van de microtomograaf.

Met 10 en 11 zijn de begrenzingen aangegeven
van het beeldveld dat wordt gedefinieerd als het gebied
waarbinnen een voorwerp bestraald kan worden en de
straling opgevangen kan worden. Bij een divergerende
25 stralenbundel is het beeldveld derhalve in hoofdzaak
afhankelijk van de mate van divergentie van de straling,
de effectieve zender-ontvanger afstand en de afmetingen
van de werkzame oppervlakte van de ontvanger. In het in
figuur 1 weergegeven voorbeeld wordt een breed
30 uitwaaijende stralingsbundel afgegeven, maar wordt het
beeldveld beperkt door de effectieve afmetingen van het
fosforschermer 4. In andere gevallen kan het mogelijk zijn
dat daarentegen de mate van divergentie van de
stralingsbundel en de zender-ontvanger afstand beperkend
35 is voor het beeldveld.

Als alternatief voor de voorkeursuit-
voeringsvorm van fig. 1 met een fosforschermer 4 en lens 23
kan in een andere voorkeursuitvoeringsvorm een CCD-camera

met een glasvezelgekoppelde scintillator gebruikt worden. Hierbij wordt op de scintillator invallende straling rechtstreeks omgezet in licht dat via glasvezelkabels naar een CCD-camera gezonden wordt. In deze

5 voorkeursuitvoeringsvorm waarin bij voorkeur een divergerende straling uitzendende microfocus röntgenstraalbuis wordt gebruikt, kan de CCD-camera een resolutie hebben die groter is dan 512×512 beeldpunten, bij een dynamisch vermogen van 10 bits of meer (1024
10 helderheidsgradaties). De opname van een beeld van een voorwerp is in dergelijke opstelling veel sneller uit te voeren. Bovendien is toepassing van een dergelijke opstelling gunstig voor het de signaalruisverhouding van het verkregen beeld.

15 De CCD-camera 5 voert in hoofdzaak onvertraagd (real-time) of na een on-chip-integratie, gedurende welke integratie elke positie gedurende een bepaald aantal seconden belicht wordt ter vergroting van de signaal-
ruisverhouding, een videosignaal uit naar het
20 beeldopslagorgaan 6. Het beeldopslagorgaan omvat een harde schijfeenheid van een computer 8, zoals bijvoorbeeld een PC. Deze computer 8 bestuurt eveneens de genoemde integratietijd van de CCD-camera 5 en is verbonden met een besturingskaart 7 die niet alleen de
25 voedingsbron 3 van de microfocus-röntgenstraalbuis 2 aanstuurt, maar tevens de beweging van een houder 30, waarop het voorwerp 1 is aangebracht, bestuurt. De houder 30 kan in de lengterichting (pijl b) getransleerd of in de rotatierichting (pijl a) geroteerd worden. In bepaalde
30 uitvoeringsvormen bestuurt de computer 8 tevens de dwarsverplaatsing van de houder, dat wil zeggen de verplaatsing loodrecht op de richting b. De computer 8 is eveneens voorzien van een beeldscherm 9 waarop de resultaten van de beeldvorming zijn af te beelden.

35 Voor uitvoering van de eerdergenoemde terugprojectie is een zender vereist die een patroon van evenwijdige straling afgeeft, zoals bijvoorbeeld een synchrotron. In het weergegeven uitvoeringsvoorbeeld van

de uitvinding wordt echter een microfocusröntgen-
 straalbuis gebruikt aangezien deze microfocusröntgen-
 straalbuizen eenvoudiger van constructie zijn. De
 eenvoudigere en goedkopere microfocusröntgenstraal-
 buis veroorzaakt echter een conische stralingsbundel, dat wil
 zeggen dat de stralen divergerend verlopen. Ter
 benadering van een parallelle stralenbundel wordt in een
 dergelijk geval in de computer, onder besturing van
 daartoe geschikte computerprogrammatuur, een
 10 waaierbundelcorrectie (Engels: fan beam correction)
 toegepast, die het uiteindelijk verkregen beeld herschikt
 tot ongeveer het beeld dat zou zijn verkregen met behulp
 van parallelle straling.

De röntgenstraal-
 buis 2 zendt divergerende
 15 straling uit die invalt op het fosforscher-
 m 4 waarmee via
 lens 23 straling op CCD-camera 5 invalt. Deze straling
 geeft een tweedimensionaal beeld van de interne structuur
 van het voorwerp. Hiermee wordt het beeldveld
 gedefinieerd, dat wil in het geval van de uitvoeringsvorm
 20 van figuur 1 zeggen het gebied tussen de zender 2 het
 fosforscher-
 m 4, dat wordt begrensd door de pijlen 10 en
 11.

Bekend is om het voorwerp 1 als geheel binnen
 dit beeldveld te plaatsen en over 180° in het geval van
 25 parallelle straling of over $180^\circ + \Delta$ in het geval van
 divergerende straling te draaien, zodat met behulp van de
 eerdergenoemde terugprojectie-technieken een beeld van de
 interne structuur van het voorwerp wordt verkregen. De
 extra draaiing over Δ° waarbij Δ gebruikelijk varieert
 30 van $0-8^\circ$ consequent is nodig voor het uitvoeren van de
 eerdergenoemde waaierbundelcorrectie.

In figuur 2 is op schematische wijze een
 röntgenstraal-
 buis 2 weergegeven die een stralenbundel
 uitzendt naar een ontvanger 5. Een voorwerp 1 is op een
 35 houder geplaatst en met zijn middelpunt 20 nog net binnen
 het beeldveld gerangschikt. In deze rangschikking valt
 slechts de helft van het voorwerp 1 binnen het beeldveld.
 Het voorwerp wordt vervolgens over $360^\circ + \Delta^\circ$ geroteerd,

in een voorkeursuitvoering in stappen van telkens $0,45^\circ$ of $0,9^\circ$. Een volledig driedimensionaal beeld van het voorwerp 1 wordt dan gevormd door het voor alle hoeken combineren van de tweedimensionale beelden op de CCD-camera's, rekening houdend met dezelfde herschikking voor de waaierbundelcorrectie. Dit heeft hetzelfde effect als een rotatie over $180^\circ + \Delta^\circ$ met een camera met een beeldveld dat dubbel zo groot is. Hierbij wordt opgemerkt dat het bovenstaande eveneens van toepassing is op een
 10 parallele stralingsbundel, waarbij in dat geval echter de herschikking in verband met waaierbundelcorrectie achterwege kan blijven.

In figuur 2 is het middelpunt op de begrenzing 10 van het beeldveld gesitueerd. Indien het middelpunt 20 verder in het beeldveld gerangschikt is, zoals is weergegeven in figuur 3, is rotatie over een hoek van $180^\circ + \beta$ in het geval van een bundel parallele stralen of $180^\circ + \beta + \Delta$ in het weergegeven geval van een divergerende stralingsbundel voldoende om een beeld van de interne structuur van het gehele voorwerp te krijgen.

In figuur 4 is een voorwerp 1 weergegeven dat geheel binnen het beeldveld is gerangschikt, dat wil zeggen dat een rotatie over een hoek van 180° plus een eventuele waaierbundelcorrectiehoek voldoende is om een
 25 beeld van het volledige voorwerp te verkrijgen. Wanneer echter het beeld van het voorwerp 1 uitvergroot dient te worden, wordt het voorwerp in de richting van de zender 2 verplaatst. Door deze verplaatsing zal een deel van het voorwerp 1 buiten het beeldveld geraken, waardoor volgens
 30 de uit de stand van de techniek bekende werkwijze geen driedimensionaal beeld van het gehele voorwerp meer is te verkrijgen. Door echter de houder 30 te verplaatsen, bijvoorbeeld zover dat het middelpunt 20' van het voorwerp 1' op de begrenzing 10 van het beeldveld
 35 terechtkomt, en vervolgens het voorwerp 1' over ten minste 360° te roteren, kan een uitvergroot beeld van het gehele voorwerp worden verkregen. Volgens de uitvinding is het dus mogelijk geworden om met een gegeven beeldveld

mogelijk de mate van uitvergroting van het beeld van het voorwerp te verhogen. Indien bijvoorbeeld de camera 5 een resolutie van 1024 bij 1024 beeldpunten heeft, wordt bij een dergelijke uitvergroting een beeld verkregen van 1024
5 bij 2048 beeldpunten. Men kan dus niet alleen grotere voorwerpen behandelen, maar men verdubbelt tevens het aantal beeldpunten in doorsnede en kan zo de resolutie van het beeld verhogen.

Als alternatief voor verplaatsing van de houder
10 30 in de richting van de zender 2 voor uitvergroting van het beeld van het voorwerp 1, kunnen ook de zender 2 en ontvanger 5 verplaatst worden, waarmee dezelfde uitvergroting kan worden bereikt. Een dergelijke verplaatsbare zender en ontvanger worden bij voorkeur
15 aangedreven door elektrische stappenmotoren, die door de computer 8 en de besturingskaart 7 te besturen zijn.

In Figuur 5 is een situatie weergegeven waarin het voorwerp 1 dermate groot is, dat met een rotatie van 360° , al dan niet met een extra draaiing van Δ° voor de
20 waaierbundelcorrectie, en een CCD-camera 5 op een eerste positie POS 1 slechts een gedeelte van het voorwerp 1 te bestralen is, waardoor een beeld wordt verkregen van de interne structuur van slechts dit gedeelte van het voorwerp. De CCD-camera 5 wordt in dit geval echter
25 verplaatst naar een tweede positie POS 2, en wordt in dat geval aangeduid met referentienummer 5'. Afhankelijk van de geometrie van de door de zender 2 afgegeven stralenbundel dienen overeenkomstige aanpassingen aan de zender 2 te worden uitgevoerd, dat wil zeggen dat de
30 stralenbundel naar de verschoven positie POS 2 gericht dient te worden of dat de zender 2 een overeenkomstig afstand van een eerste positie naar een tweede positie verschoven wordt. Bij een voldoende uitlopende waaierbundel van röntgenstraling behoeft de positionering
35 van de zender 2 echter niet aangepast te worden. Vervolgens wordt eveneens met de CCD-camera 5 op de tweede positie POS 2 het voorwerp 1 over 360° , al dan niet met een extra draaiing van Δ° van de waaierbundel

correctie, gedraaid waardoor een beeld ontstaat van de interne structuur van het resterend gedeelte van het voorwerp 1. Door samenvoeging van de op deze wijze verkregen twee beelden wordt een driedimensionaal beeld van de interne structuur van het totale voorwerp 1 verkregen.

In het licht van het bovenstaande is het duidelijk dat voorwerpen of objecten ingescand kunnen worden die viermaal, achtmaal etc. groter zijn dan het beeldveld van de camera. Ook is het mogelijk om een relatief groot voorwerp viermaal, achtmaal, etc. uit te vergroten. In het geval van een CCD-camera 5 met een resolutie van 1024 bij 1024 beeldpunten wordt in dit geval een beeldresolutie van het gehele voorwerp verkregen van 1024 bij 4096 respectievelijk 1024 bij 8192 beeldpunten.

In plaats van verplaatsing van de ontvanger 5 en/of de zender 2 kan ook de houder 30 zelf verplaatst worden, waaronder op soortgelijke wijze als hiervoor is beschreven grotere voorwerpen te scannen zijn.

Indien de houder waarop het voorwerp 1 rust eveneens in hoogte wordt verplaatst en op boven beschreven wijze een beeld van het gehele voorwerp wordt verkregen, kan ook de resolutie in de opwaartse of neerwaartse richting verhoogd worden, bijvoorbeeld tot een beeldresolutie van 4096 bij 4096 beeldpunten (waarbij de houder viermaal in de hoogte is verplaatst).

Bij voorkeur is de microtomograaf van figuur 1 voorzien van filterhouders 21 die filters 22 het fosforscher 4 of voor de scintillator kunnen plaatsen. Deze filterhouders zijn met behulp van daartoe geschikte middelen, zoals bijvoorbeeld een elektromotor, in het beeldveld van de microfocus-röntgenstraalbuis 2 te plaatsen waarbij deze middelen door de computer 8 en besturingskaart 7 zijn te besturen. Eén van de grote problemen in microtomografie is namelijk het verschijnsel "beam hardening". In bepaalde voorwerpen worden de zachte of laagenergetische röntgenstraling meer geabsorbeerd dan

harde of hoog-energetische röntgenstraling. Indien de zachte röntgenstraling niet wordt meegenomen in de beeldvorming, wordt een homogenere absorptie over de dikte van het voorwerp verkregen. Deze zachte

5 röntgenstraling is te verwijderen door een metalen plaat 22 tussen het voorwerp 1 en het fosforscherf 4 of de scintillator te plaatsen. Ook plaatsing van metalen platen of filters 22 tussen het voorwerp en de bron of een combinatie hiervan mogelijk is.

10 De filterhouder 21 omvat een schijf met verschillende filters 22, waarbij deze filters 22 verschillende diktes en dichtheden hebben en vervaardigd zijn van Cu, Al, etc. Softwarematig zijn de diverse filters 21 met behulp van de computer 8 en de
15 besturingskaart 7 voor de camera 5 te positioneren ter verkrijging van een optimale beeldvorming.

Indien de zender 2 en ontvanger 1 verplaatsbaar zijn uitgevoerd, zoals eerder genoemd is, is het op voordelige wijze mogelijk het uitlijnen van het systeem
20 eenvoudig, snel en nauwkeurig door de computer 8 en de besturingskaart 7 te laten besturen, zonder daarbij nog een handmatige instelling uit te voeren.

De onderhavige uitvinding is niet beperkt tot de bovenbeschreven voorkeursuitvoeringsvormen daarvan; de
25 gevraagde rechten worden bepaald door de navolgende conclusies, binnen de strekking waarvan velerlei modificaties denkbaar zijn.

CONCLUSIES

1. Werkwijze voor het bepalen van een beeld van de interne structuur van een voorwerp, omvattende:

- het zenden van straling naar het voorwerp;
- het op een draaibare houder draaien van het

5 voorwerp;

- het ontvangen van de straling;

waarbij de houder zodanig gepositioneerd is, dat het voorwerp gedeeltelijk buiten een door het zenden en het ontvangen gedefinieerd beeldveld uitsteekt en waarbij de
10 houder over een zodanige hoek draait, dat in hoofdzaak elk deel van het voorwerp over in hoofdzaak ten minste een halve cirkelboog binnen het beeldveld draait.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, omvattende:

- het bepalen van een eerste beeld van het
15 voorwerp in een eerste beeldveld behorend bij een eerste ontvangerpositie;

- het bepalen van een tweede beeld van het voorwerp in een tweede beeldveld behorend bij een tweede ontvangerpositie;

20 - het samenvoegen van het eerste en tweede beeld tot een samengevoegd beeld van de interne structuur van het voorwerp.

3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, omvattende het draaien van de houder over een hoek van in
25 hoofdzaak ten minste een volle cirkelboog.

4. Werkwijze volgens conclusie 1, 2 of 3, omvattende het verplaatsen van de houder in de richting van de ontvanger of de zender voor het respectievelijk verkleinen of vergroten van de resolutie van het beeld
30 van het voorwerp.

5. Werkwijze volgens ten minste een der conclusies 1-4, omvattende het met gelijk blijvende zender-ontvanger-afstand verplaatsen van de zender en

ontvanger, waarbij met toenemende of afnemende zenderhouder afstand de resolutie van het beeld van het voorwerp respectievelijk afneemt of toeneemt.

6. Werkwijze volgens ten minste een der
5 conclusies 1-5, omvattende het verplaatsen van de houder in de opwaartse en neerwaartse richting.

7. Werkwijze volgens ten minste een der
voorgaande conclusies, omvattende het verplaatsen van de zender en/of ontvanger in de opwaartse en neerwaartse
10 richting.

8. Werkwijze volgens ten minste een der
voorgaande conclusies, omvattende het zenden van in hoofdzaak parallelle straling.

9. Werkwijze volgens ten minste een van de
15 conclusies 1-7, omvattende het zenden van in hoofdzaak divergerende straling.

10. Werkwijze volgens conclusie 9, omvattende het corrigeren van de door de ontvanger verkregen straling ter verkrijging van een benadering voor
20 parallelle straling.

11. Werkwijze volgens ten minste een der
voorgaande conclusies, omvattende het zenden van röntgenstraling afgeeft.

12. Werkwijze volgens ten minste een der
25 voorgaande conclusies, omvattende het met behulp van software-besturing uitlijnen van de zender, ontvanger en/of houder.

13. Werkwijze volgens ten minste een der
voorgaande conclusies, waarbij een inrichting volgens ten
30 minste een der volgende conclusies gebruikt wordt.

14. Inrichting voor het bepalen van een beeld van de interne structuur van een voorwerp, omvattende:

- een zender voor het zenden van straling naar het voorwerp,

35 - een draaibare houder voor het houden en draaien van het voorwerp,

- een ontvanger voor het ontvangen van de straling;

waarbij de houder zodanig is geplaatst, dat het voorwerp gedeeltelijk buiten een door de zender en de ontvanger gedefinieerd beeldveld uitsteekt en het draaipunt van de houder binnen het beeldveld is gerangschikt.

5 15. Inrichting volgens conclusie 14, samenvoegmiddelen omvattende die een met een eerste beeldveld bepaald eerste beeld behorend bij een eerste ontvangerpositie en een met een tweede beeldveld bepaald tweede beeld behorend bij een tweede ontvangerpositie
10 samenvoegen.

 16. Inrichting volgens conclusie 15, ontvangerverplaatsingsmiddelen omvattende voor het verplaatsen van de ontvanger tussen de eerste ontvangerpositie en tweede ontvangerpositie.

15 17. Inrichting volgens conclusie 16, zenderverplaatsingsmiddelen omvattende die overeenkomstig de verplaatsing van de ontvanger de zender verplaatsen.

 18. Inrichting volgens conclusie 16, zenderzwenkmiddelen omvattende die overeenkomstig de
20 verplaatsing van de ontvanger de oriëntatie van de door de zender uitgezonden straling zwenken.

 19. Inrichting volgens ten minst een der conclusies 14-18, waarbij draaimiddelen aan de draaibare houder zijn aangebracht welke deze over een hoek van in
25 hoofdzaak ten minste een gehele cirkelboog kunnen draaien.

 20. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 14-19, welke houderhoogteverplaatsingsmiddelen omvat die de houder in de opwaartse en neerwaartse
30 richting kunnen verplaatsen.

 21. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 1-20, omvattende zenderhoogte-
verplaatsingsmiddelen en/of ontvangerhoogte-
verplaatsingsmiddelen die respectievelijk de zender en/of
35 ontvanger in de opwaartse en neerwaartse richting kunnen verplaatsen.

22. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 14-21, waarbij de zender een stralingsbundel van in hoofdzaak parallelle stralen uitzendt.

23. Inrichting volgens ten minste een der
5 conclusies 14-21, waarbij de zender een stralingsbundel van in hoofdzaak divergerende stralen uitzendt.

24. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 14-23, welke houderlangsverplaatsingsmiddelen omvat voor het verplaatsen van de houder in de richting
10 van de ontvanger of de zender.

25. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 14-24, waarbij de zender röntgenstraling afgeeft.

26. Inrichting volgens ten minste een der
15 conclusies 24-25, waarbij de zender een microfocus röntgenstraalbuis omvat.

27. Inrichting volgens conclusie 26, waarbij de röntgenstraalbuis van het gesloten type is.

28. Inrichting volgens ten minste een der
20 conclusies 14-27, waarbij de ontvanger een CCD-camera is.

29. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 14-29, waarbij de resolutie van het beeld in de hoogterichting meer dan 4096 beeldpunten is.

30. Inrichting volgens ten minste een der
25 conclusies 15-29, waarbij de resolutie van het beeld in de zijwaartse richting meer dan 2048 beeldpunten is.

31. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 15-29, waarbij de resolutie in de zijwaartse richting meer dan 4096 beeldpunten is.

30 32. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 14-33, filtermiddelen omvattende voor het plaatsen van een of meer filters tussen de zender en de ontvanger.

33. Inrichting volgens ten minste een der
35 conclusies 14-32, welke correctiemiddelen omvat die een correctie uitvoeren op de door de ontvanger verkregen beelden voor het verkrijgen van een benadering voor parallelle stralen.

34. Inrichting volgens ten minste een der conclusies 14-34, waarbij de ontvanger een met glasvezelkabels gekoppelde CCD-camera met een resolutie van meer dan 512 bij 512 beeldpunten en een dynamisch 5 vermogen van meer dan 10 bit omvat.

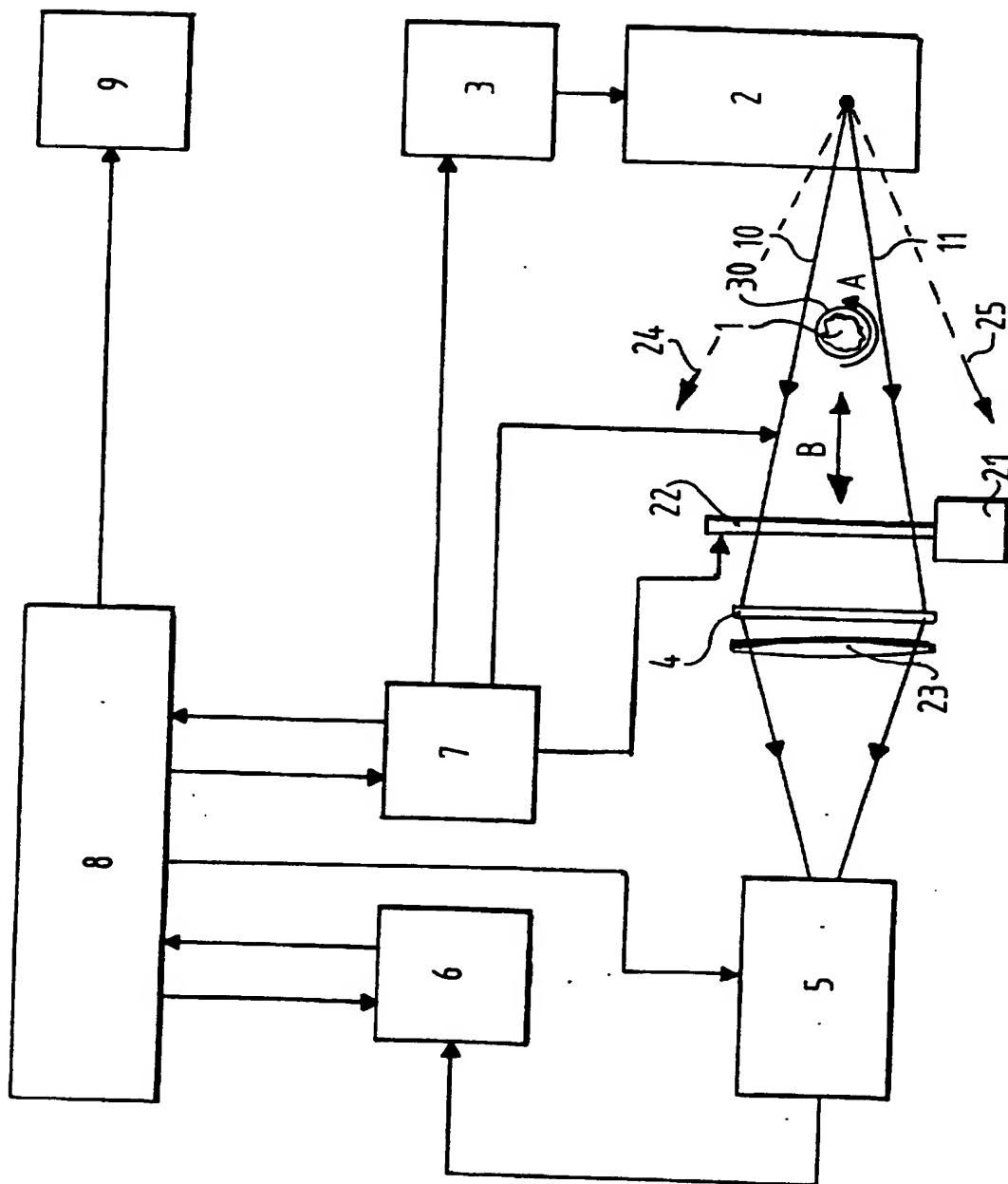


FIG.1

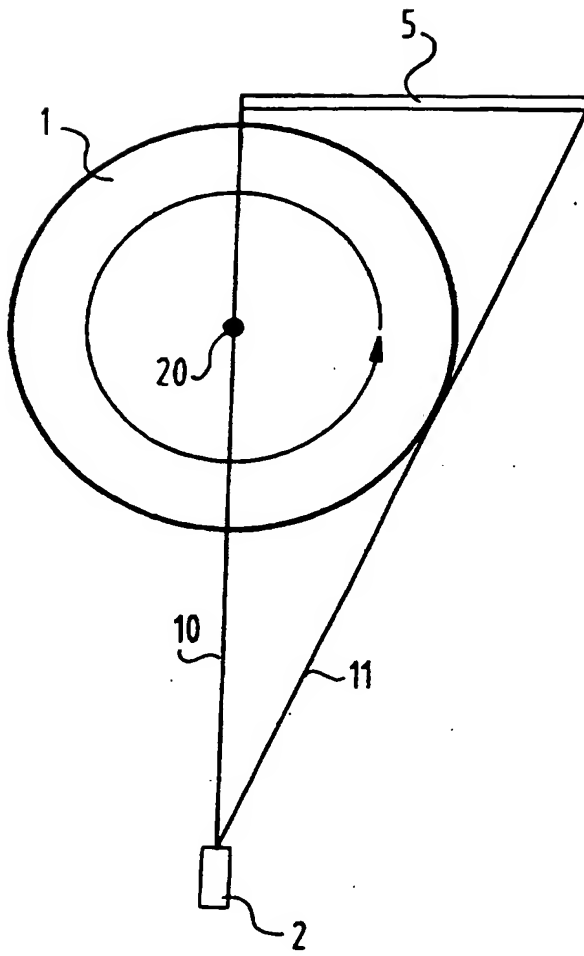


FIG. 2

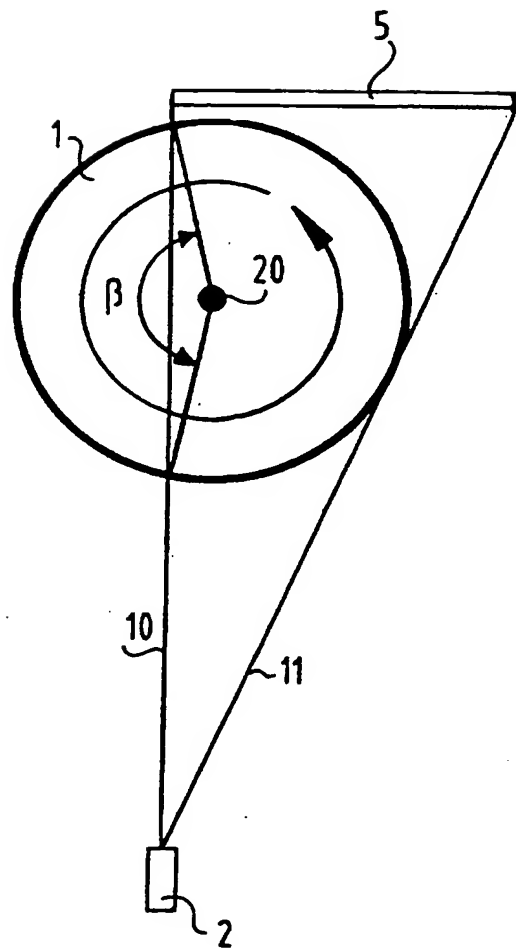


FIG. 3

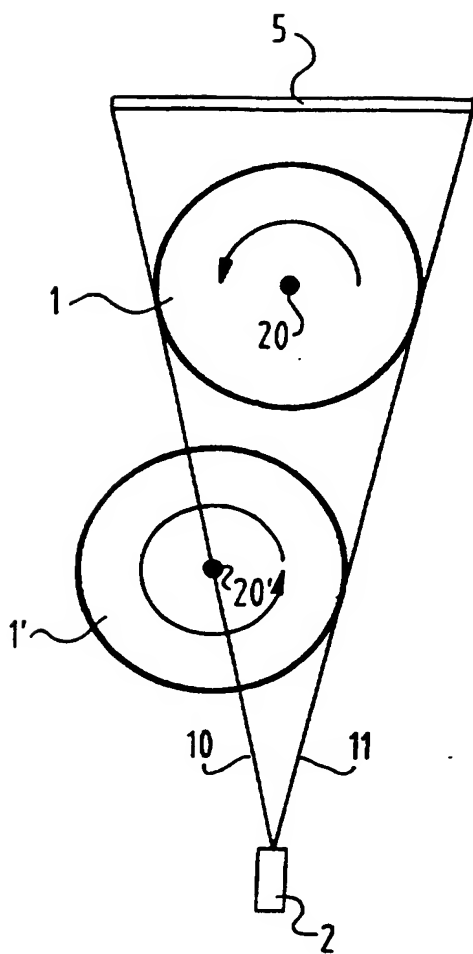


FIG. 4

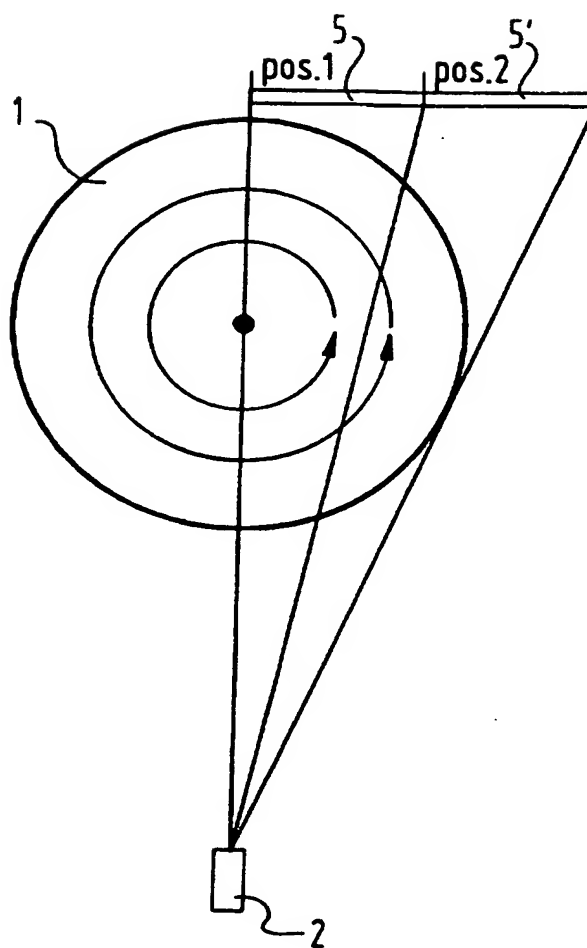


FIG. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.